

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-265098

(43)Date of publication of application : 11.10.1996

(51)Int. Cl.

H03H 9/25

H01L 41/09

(21)Application number : 07-060433

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 20.03.1995

(72)Inventor : NAKAHATA HIDEAKI
HIGAKI KENJIRO
FUJII SATORU
KITABAYASHI HIROYUKI
SHIKADA SHINICHI

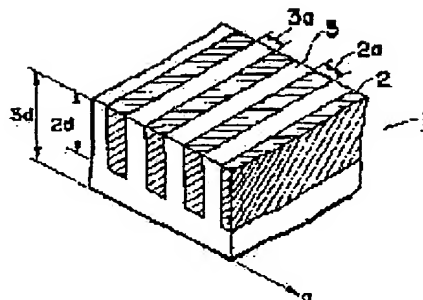
(54) COMPOSITE BASE MATERIAL AND SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress dispersion in a frequency of a surface acoustic wave element and exfoliation of a piezoelectric material from a diamond hard material by forming the element with a piezoelectric section having a stereoscopic shape and the diamond hard material section covering the surface of the piezoelectric section.

CONSTITUTION: A composite base material 1 forming the surface acoustic wave element is formed by a piezoelectric section 2 shaped as a rectangular prism and a diamond hard material section 3 arranged to cover the piezoelectric section 2 alternately in a direction (a) perpendicular to a face of the rectangular prism. As required, a length 2d in the broadwise direction of the piezoelectric section 2 may be selected equal to a thickness 3d of the diamond hard material section 3. The width 2a of the plural piezoelectric sections 2 is preferably constant and also the width 3a of the plural diamond hard material section 3 preferably constant.

Furthermore, the repetitive period of the piezoelectric section 2 and the diamond hard material section 3 is preferably constant.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-265098

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) IntCl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 H 9/25		7259-5 J	H 0 3 H 9/25	C
H 0 1 L 41/09			H 0 1 L 41/08	C

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-60433

(22) 出願日 平成7年(1995)3月20日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 中幡 英章

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 檜垣 賢次郎

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 藤井 知

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

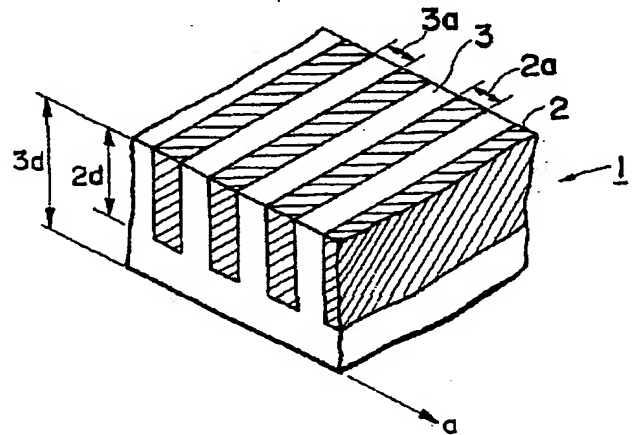
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合体基材および表面弾性波素子

(57) 【要約】

【目的】 表面弾性波素子とした際に、該素子の周波数のバラツキの抑制および／又は圧電体部分のダイヤモンド状硬質材料からの剥離の抑制が可能な複合体基材を提供する。

【構成】 直方体形状を有する圧電体部2と、該直方体形状の圧電体部2を覆うように配置されたダイヤモンド状硬質材料部3とが、該直方体の面に垂直な方向（図中の矢印a方向）に交互に配置されてなる複合体基材1。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 立体形状を有する 1 以上の圧電体部と、該圧電体部の表面の少なくとも一部を覆うダイヤモンド状硬質材料部とからなることを特徴とする複合体基材。

【請求項 2】 前記ダイヤモンド状硬質材料が、ダイヤモンドまたはダイヤモンド状炭素のいずれかである請求項 1 記載の複合体基材。

【請求項 3】 前記圧電体部が、直方体形状、円柱形状、または球形状のいずれかの形状を有する請求項 1 記載の複合体基材。

【請求項 4】 前記ダイヤモンド状硬質材料部が層状であり、且つ該層状ダイヤモンド状硬質材料の厚さ方向と少なくとも垂直方向に、2 以上の前記圧電体部が間隔を有する請求項 1 記載の複合体基材。

【請求項 5】 前記 2 以上の圧電体部が一定の幅を有し、且つ、各圧電体部が互いに平行に配置されている請求項 4 記載の複合体基材。

【請求項 6】 前記 2 以上の圧電体部の繰り返し周期が一定である請求項 4 または 5 記載の複合体基材。

【請求項 7】 前記 2 以上の圧電体部が互いに平行に配置された柱状形状を有し、且つ、該柱状の圧電体部の直径が一定である請求項 4 記載の複合体基材。

【請求項 8】 前記 2 以上の圧電体部の間隔が一定である請求項 7 記載の複合体基材。

【請求項 9】 前記 2 以上の圧電体部が粒形状を有し、且つ、該粒状の圧電体部が、前記層状のダイヤモンド状硬質材料部中に 3 次的に分布している請求項 4 記載の複合体基材。

【請求項 10】 前記 2 以上の粒状圧電体部の直径が一定である請求項 9 記載の複合体基材。

【請求項 11】 前記 2 以上の粒状圧電体部の間隔が一定である請求項 10 記載の複合体基材。

【請求項 12】 立体形状を有する 1 以上のダイヤモンド状硬質材料部と、該ダイヤモンド状硬質材料部の表面の少なくとも一部を覆う圧電体部とからなることを特徴とする複合体基材。

【請求項 13】 前記立体形状のダイヤモンド状硬質材料部の表面積の 50% 以上が、前記圧電体部により覆われている請求項 12 記載の複合体基材。

【請求項 14】 前記ダイヤモンド状硬質材料が、ダイヤモンドまたはダイヤモンド状炭素のいずれかである請求項 12 記載の複合体基材。

【請求項 15】 前記ダイヤモンド状硬質材料部が、直方体形状、円柱形状、または球形状のいずれかの形状を有する請求項 12 記載の複合体基材。

【請求項 16】 前記圧電体部が層状であり、且つ該層状圧電体の厚さ方向と少なくとも垂直方向に、2 以上の前記ダイヤモンド状硬質材料部が間隔を有する請求項 12 記載の複合体基材。

【請求項 17】 前記 2 以上のダイヤモンド状硬質材料部が一定の幅を有し、且つ、各ダイヤモンド状硬質材料部が互いに平行に配置されている請求項 16 記載の複合体基材。

【請求項 18】 前記 2 以上のダイヤモンド状硬質材料部の繰り返し周期が一定である請求項 16 または 17 記載の複合体基材。

【請求項 19】 前記 2 以上のダイヤモンド状硬質材料部が互いに平行に配置された柱状形状を有し、且つ、該柱状のダイヤモンド状硬質材料部の直径が一定である請求項 16 記載の複合体基材。

【請求項 20】 前記 2 以上のダイヤモンド状硬質材料部の間隔が一定である請求項 19 記載の複合体基材。

【請求項 21】 前記 2 以上のダイヤモンド状硬質材料部が粒形状を有し、且つ、該粒状のダイヤモンド状硬質材料部が、前記層状の圧電体部中に 3 次的に分布している請求項 16 記載の複合体基材。

【請求項 22】 前記 2 以上の粒状ダイヤモンド状硬質材料部の直径が一定である請求項 21 記載の複合体基材。

【請求項 23】 前記 2 以上の粒状ダイヤモンド状硬質材料部の間隔が一定である請求項 22 記載の複合体基材。

【請求項 24】 表面弾性波素子用である請求項 1～3 のいずれかに記載の複合体基材。

【請求項 25】 請求項 1～23 のいずれかに記載の複合体基材と、該複合体基材に接触するように配置された櫛型電極とを少なくとも含むことを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 26】 前記複合体基材が、他の基材上に配置されてなる請求項 25 記載の表面弾性波素子。

【請求項 27】 前記他の基材上に配置された複合体基材の厚みが、表面弾性波の波長以上である請求項 26 記載の表面弾性波素子。

【請求項 28】 請求項 4～6、16～18 のいずれかに記載の複合体基材と、該複合体基材に接触するように配置された櫛型電極とを少なくとも含む表面弾性波素子であって、且つ、該素子の表面弾性波の伝播方向が、前記複合体基材を構成するダイヤモンド状硬質材料部／圧電体部の界面に平行であることを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 29】 請求項 4～6、16～18 のいずれかに記載の複合体基材と、該複合体基材に接触するように配置された櫛型電極とを少なくとも含む表面弾性波素子であって、且つ、前記複合体基材を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の幅（複合体基材の厚さ方向と垂直方向の長さ）が、該素子の表面弾性波の波長より小さいことを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 30】 請求項 7～8、19～20 のいずれかに記載の複合体基材と、該複合体基材に接触するように

配置された櫛型電極とを少なくとも含む表面弾性波素子であって；且つ、前記柱状構造を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の直径が、該素子の表面弾性波の波長より小さいことを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 31】 請求項 9～11、21～23 のいずれかに記載の複合体基材と、該複合体基材に接触するように配置された櫛型電極とを少なくとも含む表面弾性波素子であって；且つ、前記粒状構造を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の直径が、該素子の表面弾性波の波長より小さいことを特徴とする表面弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ダイヤモンド状硬質材料（ダイヤモンドまたはダイヤモンド状炭素）を利用した種々のデバイスに使用可能な、ダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部とを含む複合体（composite）基材、および該複合体基材を用いた表面弾性波素子（以下「SAW素子」という）に関する。

【0002】より詳しくは、本発明は、ダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部とを含み、且つ、該ダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方を立体形状とした複合体基材、および該複合体基材を用いた SAW素子に関する。

【0003】

【従来の技術】ダイヤモンドは物質中最高の音速を有し、熱伝導性も高く、バンドギャップも 5.5 eV と、既存の物質では非常に大きい。また、近紫外領域から、近赤外領域の光に対して透明であるため、音響用途、表面弾性波（以下「SAW」という）、光学用途、半導体等の分野において特性の改善、動作領域の拡大への利用が期待されている。ダイヤモンドは、このような力学的、電気的ないし電子的特性を利用して、種々の力学的、電気的、あるいは電子的デバイスに用いられている（例えば、犬塚直夫著「ダイヤモンド薄膜」第 99～115 頁、1990 年（共立出版）を参照）。ダイヤモンドを用いたデバイスの 1 つとしては、高周波フィルタ等として好適に使用可能な SAW素子が挙げられる。

【0004】SAW素子は、固体表面を伝播する SAW を利用した固体素子であり、小型で温度に対しても安定であり、寿命が長く、位相特性が良い等の特徴を有している。このような特徴を有する SAW素子は、周波数フィルタ、共振器、遅延デバイス、信号処理素子、コンパルバ、オプトエレクトロニクス用機能素子等として広く好適に使用可能である。

【0005】従来より、上記 SAW素子用の基板としては、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 、水晶、 ZnO /ガラス等が使用されている。これらの材料を用いた場合、SAWの伝播速度は 4000 m/s 前後である。

【0006】近年、衛星通信や、移動体通信を始めとする通信の分野におけるマルチチャンネル化・高周波化に対応して、上記した SAW素子の分野においても、より高周波域（例えば、GHz 帯）で使用可能な素子の開発が進められている。

【0007】一般に、SAW素子の動作周波数 f は、 $f = V/\lambda$ （ V は SAW の伝播速度、 λ は SAW の波長）で決定される。波長 λ は、表面弾性励振用の櫛形電極の周期に依存するが、フォトリソグラフィ等の微細加工技術における限界から、該素子において利用すべき波長 λ を極端に小さくすることは困難である。したがって、SAW素子の高周波化のためには、伝播速度 V を大きくすることが好ましいこととなる。

【0008】このような観点から圧電体/ダイヤモンド構造を有する SAW素子が開発され（例えば、特開昭 64-62911 号公報）、このような構造により 10000 m/s 前後の大きな伝播速度が可能となっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の圧電体/ダイヤモンド積層構造を有する SAW素子においては、周波数がばらつく傾向があり、このようなバラツキにより該素子の歩留まりが悪くなるという問題があった。更には、圧電体層がダイヤモンドから剥離し易い傾向も指摘されていた。

【0010】本発明の目的は、上述した従来の圧電体/ダイヤモンド基板の欠点を解消した複合体基材を提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、SAW素子とした際にも該素子の周波数のバラツキを抑制した複合体基材を提供することにある。

【0012】本発明の更に他の目的は、圧電体部分のダイヤモンド状硬質材料からの剥離を抑制した複合体基材を提供することにある。

【0013】本発明の更に他の目的は、圧電体およびダイヤモンド状硬質材料を用いつつ、周波数のバラツキを抑制した SAW素子を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者等は鋭意研究の結果、従来の SAW素子における周波数のバラツキおよび/又は圧電体層の剥離は、ダイヤモンド表面と平行に異種材料（圧電体）を積層してなる従来の圧電体薄膜/ダイヤモンド構造における、該圧電体層および/又はダイヤモンド層の「厚みのバラツキ」に起因することを見出した。すなわち、従来の SAW素子においては、圧電体層ないしダイヤモンド層の「厚みのバラツキ」が SAWの伝播速度に影響するとともに、該素子の周波数のバラツキをも発生させていたことを見出した。

【0015】本発明者は上記知見に基づき、更に研究を重ねた結果、ダイヤモンド状硬質材料/圧電体材料からなる基材において、該ダイヤモンド状硬質材料部と圧電

体部との少なくとも一方を立体形状とすることが、上記目的の達成に極めて効果的なことを見出した。

【0016】本発明の複合体基材は上記知見に基づくものであり、より詳しくは、立体形状を有する1以上の圧電体部と、該圧電体部の表面の少なくとも一部を覆うダイヤモンド状硬質材料部とからなることを特徴とするものである。

【0017】本発明によれば、更に、上記複合体基材と、該複合体基材に接触するように配置された櫛型電極とを少なくとも含むことを特徴とする表面弾性波素子が提供される。

【0018】

【作用】圧電体薄膜／ダイヤモンド層構造を有する従来のダイヤモンド基材においては、該圧電体の膜厚が著しく小さいため、該膜厚方向の均一性を確保することが極めて困難であった。換言すれば、従来のダイヤモンド基材においては、膜厚の変動率（膜厚の変動の幅／膜厚）を構成する圧電体の膜厚（分母）が著しく小さいため、該変動率が著しく大きかった。

【0019】これに対して、本発明の複合体基材においては、該基材のダイヤモンド状硬質材料／圧電体材料構造を構成するダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方を立体形状としているため、圧電体部は（薄膜状ではなく）ある程度の「厚み」を有し、したがって（圧電体の「厚さ」変動の幅に影響を与える圧電体表面凹凸の大きさが一定としても）該厚みの変動率（厚みの変動の幅／厚み）を構成する圧電体の厚み（分母）が大きくなるため、該変動率は従来の薄膜状圧電体に比べて著しく小さいものとなる。更には、本発明においてダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方は立体形状を有しているため、圧電体部のダイヤモンド状硬質材料部からの剥離が効果的に抑制されるとともに、該立体部分のサイズのコントロールないし均一化が容易となる。

【0020】したがって、本発明の複合体基材を用いて、SAW素子を構成した場合には、圧電体部の「厚み」のバラツキの抑制に基づき、該素子におけるSAWの伝播速度のバラツキ、および／又は周波数のバラツキが効果的に抑制され、ダイヤモンドの特徴を活かしつつ良好な特性を有するSAW素子が容易に得られる。

【0021】以下必要に応じて図面を参照しつつ本発明を詳細に説明する。

【0022】（立体形状）本発明の複合体基材を構成するダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方は、立体形状を有している。この「立体形状」は、いわゆる「三軸径」によって定義される「長軸径 L 」と「厚み t 」との比（ L/t ）が、10以下であることが好ましく、1以下（特に0.1以下）であることが更に好ましい。従来より表面弾性波素子に用いられていた「圧電体薄膜」における上記比（ L/t ）は、本発明者

の知見によれば、通常は100以上と極めて大きい値であった。

【0023】図1は、上記「三軸径」を説明するための模式図である。図1を参照して、立体（材料が粒子状である場合には、該粒子の一つ）10の輪郭ないし投影像10a（図1（a））を、これに接する2本の平行線で挟んだときの該平行線間の間隔を x として、該間隔 x の最小値 $x_{\min} = b$ を短軸径、該短軸 b に垂直な方向に測定した $x = L$ を長軸径と定義する。更に、上記立体10を置いた平面12（本発明においては、複合体基材の表面と平行な面）と、該平面に平行で該立体10に接する平面13との距離を、「厚み t 」と定義するこのような「三軸径」による長軸径、厚みの定義の詳細については、例えば、粉体工学会編「粒子計測技術」、第5～7頁（1994年）、日刊工業新聞社を参照することができ）。

【0024】（ダイヤモンド状硬質材料）本発明の複合体基材を構成するダイヤモンド状硬質材料としては、炭素からなるピッカース硬さ H_v （Vickers hardness）が約1,000以上の材料が好適に使用可能である。本発明においては、ダイヤモンドまたはダイヤモンド状炭素のいずれを用いることも可能であるが、化学的安定性の点からは、ダイヤモンドを用いることが好ましい。

【0025】（ダイヤモンド）本発明の複合体基材を構成するダイヤモンドとしては、単結晶ダイヤモンドおよび／又は多結晶ダイヤモンドのいずれも使用可能である。該ダイヤモンドを得る方法は、特に制限されない。より具体的には例えば、単結晶ダイヤモンドをそのまま用いてもよく、また、他の材料上に、ダイヤモンド膜をCVD法、エピタキシャル法等により成長させて、膜ないし層状のダイヤモンドを得てもよい。

【0026】上記ダイヤモンドの形状（平面形状、立体形状）、大きさ等は特に制限されず、本発明の複合体基材の用途によって適宜選択可能である。

【0027】本発明において、このダイヤモンドがダイヤモンド層（ないし膜）である場合、該ダイヤモンド層の成長方法は、特に制限されない。より具体的には例えば、該成長方法として、CVD（化学的気相成長）法、マイクロ波プラズマCVD法、PVD（物理的気相成長）法、スパッタ法、イオンプレーティング法、プラズマジェット法、火炎法および熱フィラメント法等の公知の方法が使用可能である。

【0028】（ダイヤモンド状炭素）一方、上記ダイヤモンド状炭素（Diamond-like carbon；ないしDLC）は、硬度の高いアモルファス物質であり、安定性に優れ、しかもダイヤモンドと同様の炭素原子からなるため、ダイヤモンドとともに用いた際にも該ダイヤモンドへの元素的拡散や反応について実質的に考慮する必要がない等の特徴を有している。

【0029】上記ダイヤモンド状炭素（i-カーボンな

いしアモルファスカーボンとも称される)は、以下のよう
な性質を有する物質である。

【0030】(1) 通常、炭素の他に水素を含む。この
場合、水素のモル数は、炭素のモル数より小さいことが
好ましい。

【0031】(2) 結晶状態はアモルファスである。ダ
イヤモンド状炭素と、ダイヤモンドないしグラファイト
とは、例えば、ラマン分光法によって識別可能である。

図2にダイヤモンド状炭素(アモルファスカーボン)

(a)と、グラファイト(b)と、ダイヤモンド(c)
との典型的なスペクトルを示す。図2に示したように、
ダイヤモンド(c)は 1332 cm^{-1} ($\text{sp}^3\text{ C-C}$ 由
来)、グラファイト(b)は 1580 cm^{-1} ($\text{sp}^2\text{ C}$
-C由来)にそれぞれ鋭いピークを示すのに対して、ダ
イヤモンド状炭素(c)は 1360 cm^{-1} と 1600 cm^{-1} とにブロードなピークを示す。

【0032】(3) 一般の金属に比べて、高い硬度を有
する。本発明で用いるダイヤモンド状炭素は、ピッカース
硬さHv (Vickers hardness) が1,000~5,0
00程度であることが好ましい(ダイヤモンドは、通常
10,000程度のピッカース硬さHvを有する)。

【0033】(4) 電気的には絶縁体である。

【0034】上記したような性質を有するダイヤモンド
状炭素膜は、ダイヤモンドの合成と同様にプラズマCVD、
イオンビーム蒸着法、スパッタリング等の気相プロ
セスに従って作成することが可能である。より具体的
には例えば、ダイヤモンド状炭素は、ダイヤモンド形成と
同様のCVD条件で、基板温度を下げる(例えば、基板
温度 100°C 程度) ことにより得ることができる(ダイ
ヤモンド状炭素の詳細については、例えば、平木昭夫・
川原田洋、「炭素」、1987 (No. 128)、41頁
(日本炭素学会)を参照することができる)。

【0035】(圧電体) 本発明において使用可能な圧電
体の種類は、特に限定されない。該圧電体としては、例
えば、 ZnO 、 AlN 、水晶、 LiTaO_3 、 LiNbO_3 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、 KNbO_3 、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、 $(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 、 BeO 、 ZnS 、 ZnSe 、 BN 、 GaAs 等の化合物を主成分とすることが好ましい。圧
電体層ないし膜を形成する方法は特に限定されないが、
層状の圧電体層の形成が容易な点からは、CVD法、P
VD法等の気相堆積法が好適に使用可能である。

【0036】

(ダイヤモンド状硬質材料/圧電体の組合せの態様) 本
発明の基材においては、ダイヤモンド状硬質材料部と圧
電体部との少なくとも一方が立体形状とされ、且つ、該
圧電体部の表面の少なくとも一部がダイヤモンド状硬質
材料部で覆われている(または、該ダイヤモンド状硬質
材料部の表面の少なくとも一部が、圧電体部で覆われて
いる)。

【0037】(圧電体を立体形状とする態様) 圧電体を
立体形状とする場合、該立体形状の具体的形状は特に制
限されないが、例えば、図3の模式斜視図に示すような
直方体状(立方体状を包含する趣旨で用いる)、図4の
模式斜視図に示すような柱状(円柱状、角柱状等)、ない
しは図5の模式断面図に示すような粒子状等が挙げら
れる。

【0038】図3を参照して、この態様における複合体
基材1は、直方体形状を有する圧電体部2と、該直方体
形状の圧電体部2を覆うように配置されたダイヤモンド
状硬質材料部3とが、該直方体の面に垂直な方向(図中
の矢印a方向)に交互に配置されてなる。必要に応じて、
圧電体部2の厚さ方向の長さ2dは、ダイヤモンド
状硬質材料部3の厚さ3dと等しくしてもよい(後述す
る図4および図6~7においても、同様である)。

【0039】複合体材料1全体としての特性の均一性の
点からは、複数の圧電体部2の幅2aは一定であること
が好ましく、および/又は複数のダイヤモンド硬質材料
部3の幅3aは一定であることが好ましい。更には、複
合体材料1全体としての特性の均一性の点からは、上記
圧電体部2と、ダイヤモンド状硬質材料部3との繰り返
しの周期は、一定であることが好ましい。

【0040】上記圧電体部2の幅2a、厚さ2d、ない
しはダイヤモンド状硬質材料部3の幅3a、厚さ3dは
特に制限されないが、例えば、以下に示すような範囲が
好ましく用いられる。

【0041】

圧電体部2の幅2a: $0.1 \sim 10\text{ }\mu\text{m}$

圧電体部2の厚さ2d: $1 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$

ダイヤモンド状硬質材料部3の幅3a: $0.1 \sim 10\text{ }\mu\text{m}$

ダイヤモンド状硬質材料部3の厚さ3d: $10 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$

一方、図4の態様における複合体基材1は、互いに平行
な方向に柱形状を有する圧電体部2と、該柱状の圧電体
部2を覆うように配置されたダイヤモンド状硬質材料部
3とからなる。複合体材料1全体としての特性の均一性
の点からは、複数の柱状圧電体部2の直径は一定である
ことが好ましく、および/又は複数の柱状圧電体部2間
の間隔は一定であることが好ましい。このような図4の
態様における柱状の圧電体部2の直径は特に制限されな
いが、例えば $0.1 \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 程度であることが好まし
い。

【0042】また、図5の態様における複合体基材1
は、3次元的に配置された粒状の圧電体部2と、該粒状
の圧電体部2を覆うように配置されたダイヤモンド状硬
質材料部3とからなる。複合体材料1全体としての特性
の均一性の点からは、複数の粒状圧電体部2の直径は一
定であることが好ましく、および/又は複数の粒状圧電
体部2間の間隔は一定であることが好ましい。

【0043】このような図5の態様における粒状の圧電体部2の直径は特に制限されないが、例えば0.01~10 μ m程度であることが好ましい。

【0044】

(ダイヤモンド状硬質材料を立体形状とする態様) ダイヤモンド状硬質材料を立体形状とする場合、該立体形状の具体的形状は特に制限されないが、例えば、図6の模式斜視図に示したような直方体状、図7の模式斜視図に示すような柱状(円柱状、角柱状等)、ないしは図8の模式断面図に示すような粒子状等が挙げられる。これらの図6~8においては、例えば、上述した図3~5と同様のサイズが好適に使用可能である。

【0045】図6を参照して、この態様における複合体基材1は、直方体形状を有するダイヤモンド状硬質材料部3と、該直方体形状のダイヤモンド状硬質材料部3を覆うように配置された圧電体部2とが、該直方体の面に垂直な方向(図中の矢印a方向)に交互に配置されてなる。

【0046】この図6の態様において、複合体材料1全体としての特性の均一性の点からは、複数のダイヤモンド状硬質材料部3の幅3aは一定であることが好ましい。更には、複合体材料1全体としての特性の均一性の点からは、上記ダイヤモンド状硬質材料部2と、ダイヤモンド状硬質材料部3との繰り返しの周期は、一定であることが好ましい。

【0047】また、図7の態様における複合体基材1は、互いに平行な方向に柱形状を有するダイヤモンド状硬質材料部3と、該柱状のダイヤモンド状硬質材料部3を覆うように配置された圧電体部2とからなる。複合体材料1全体としての特性の均一性の点からは、複数の柱状ダイヤモンド状硬質材料部3の直径は一定であることが好ましく、および/又は複数の柱状ダイヤモンド状硬質材料部3間の間隔は一定であることが好ましい。

【0048】また、図8の態様における複合体基材1は、3次元的に配置された粒状のダイヤモンド状硬質材料部3と、該粒状のダイヤモンド状硬質材料部3を覆うように配置された圧電体部2とからなる。複合体材料1全体としての特性の均一性の点からは、複数の粒状ダイヤモンド状硬質材料部3の直径は一定であることが好ましく、および/又は複数の粒状ダイヤモンド状硬質材料部3間の間隔は一定であることが好ましい。

【0049】(複合体の形成方法) 本発明に複合体の形成方法は特に限定されないが、微細な構造を精密に形成することが容易な点からは、フォトリソグラフィと、エッチング(プラズマエッチング、リアクティブイオンエッチング(RIE)等)および/又は気相堆積法とを組合せて形成することが好ましい。

【0050】上記した複合体形成方法の一例として、図6の態様の複合体を形成する場合について述べる。

【0051】(1) 図9~10の模式斜視図を参照し

て、図9(a)に示すように、他の基板(例えばSi基材)4上に、所望の厚みを有する圧電体(例えばZnO)の膜5を、気相堆積法等により形成する。必要に応じて、この圧電体膜5の表面を研磨してもよい。例えば、気相堆積により形成した圧電体膜5の厚さを25 μ m程度とした場合、研磨により約20 μ m程度の厚さとすることが好ましい。

【0052】(2) 図9(b)を参照して、上記圧電体膜5の上に、フォトレジスト層6を形成する。このフォトレジスト層6の厚さは、例えば1 μ m程度が好ましい。

【0053】(3) 図9(c)を参照して、このフォトレジスト層6を、フォトリソグラフィ工程に供することにより、後述する所望のダイヤモンド状硬質材料層の幅、所望の該材料の層間間隔等に対応する表面パターン6aを形成する。

【0054】(4) 図9(d)を参照して、このようにして得たフォトレジスト・パターン6aをマスクとして、RIE法により圧電体層5をエッチングして、該圧電体層5に、所望の深さ(例えば、10 μ m)を有する層状の溝5aを形成する。その後、レジストを除去する。

【0055】(5) 図10(e)を参照して、このようにして得られた層状の溝5aを有する圧電体層5に対して、ダイヤモンド状硬質材料7を前述した気相堆積法により堆積させて該層状の溝5aを該ダイヤモンド状硬質材料7により埋める。

【0056】(6) 図10(f)を参照して、このようにして得られた積層体の表面を、必要に応じて研磨することにより、上記ダイヤモンド状硬質材料7(表面部分)を除去し、複数の直方体状のダイヤモンド硬質材料部7aと該ダイヤモンド硬質材料部7aを覆うように配置された圧電体部5とから構成される複合体を得る。このようにして、用途(例えば、SAW素子)に適した所望の表面を有する複合体が得られる。

【0057】上記した工程(3)のフォトリソグラフィないしRIEにおいては、層状(ないしストライプ)のパターンのみならず、所望の断面形状を与えるような正方形、円形等の他のパターンを用いてもよい。

【0058】(図3の複合体の形成方法) 一方、図3の態様の複合体を形成する方法としては、例えば、以下の方法を用いることが可能である。

【0059】(1) 図11~12の模式斜視図を参照して、図11(a)に示すように、他の基板(例えばSi基材)4上に、所望の厚みを有するダイヤモンド状硬質材料の膜7を、気相堆積法等により形成する。必要に応じて、このダイヤモンド状硬質材料膜7の表面を研磨してもよい。例えば、気相堆積により形成したダイヤモンド状硬質材料膜7の厚さを25 μ m程度とした場合、研磨により約20 μ m程度の厚さとすることが好ましい。

【0060】(2) 次いで、図11(b)を参照して、上記ダイヤモンド状硬質材料膜7の上に、金属(例えばA1)の膜6をスパッタリング法等の気相堆積法で形成する。このA1膜6の厚さは、例えば1 μ m程度が好ましい。

【0061】(3) 図11(c)を参照して、このA1膜6を、例えばフォトリソグラフィ工程およびRIE工程に供することにより、後述する所望のダイヤモンド状硬質材料層の幅、所望の該材料の層間間隔等に対応するA1の表面パターン6aを形成する。

【0062】(4) 図11(d)を参照して、このようにして得たA1パターン6aをマスクとして、RIE法によりダイヤモンド状硬質材料層7をエッチングして、該ダイヤモンド状硬質材料層7に、所望の深さ(例えば、10 μ m)を有する層状の溝7aを形成する。その後、上記A1パターンを除去する。

【0063】(5) 図12(e)を参照して、このようにして得られた層状の溝7aを有するダイヤモンド状硬質材料層7に対して、圧電体5を前述した気相堆積法またはゾルーゲル法等により堆積させて、該層状の溝7aを該圧電体5により埋める。

【0064】(6) 図12(f)を参照して、このようにして得られた積層体の表面を、必要に応じて研磨することにより、上記圧電体5(表面部分)を除去し、複数の直方体状の圧電体部5aと、該圧電体部5aを覆うように配置されたダイヤモンド状硬質材料部7とから構成される複合体を得る。このようにして、用途(例えば、SAW素子)に適合した所望の表面を有する複合体が得られる。

【0065】(図4の複合体の形成方法) 図4の態様の複合体を形成する方法としては、例えば、以下の方法を用いることが可能である。

【0066】(1) 図13(a)を参照して、図13(a)に示すように、他の基材(Si等)20の上に、ダイヤモンド状硬質材料の層21を気相堆積法により形成する。

【0067】(2) 図13(b)を参照して、上記ダイヤモンド状硬質材料層21の表面を、マスク(図示せず)を介してエッチング(例えば、酸素プラズマエッチング)することにより、円筒状の穴21aを有するダイヤモンド状硬質材料21を得る。この際に形成すべき穴21aのサイズとしては、例えば、穴の平均直径が1 μ m程度、穴の深さが5 μ m程度であることが好ましい。

【0068】(3) 図13(c)を参照して、上記により形成された穴21aを有するダイヤモンド状硬質材料層21に対して、ゾルーゲル法等を用いて、圧電体(例えばZnO)22を堆積させることにより、上記穴21aを該圧電体で埋める。必要に応じて、このようにして形成された複合体の表面を研磨してもよい。

【0069】図7の態様の複合体は、例えば、以下の方法によっても形成してもよい。

【0070】(1) 図14(a)を参照して、気相堆積等により形成されたダイヤモンド状硬質材料層23を用意する。

【0071】(2) 図14(b)を参照して、上記ダイヤモンド状硬質材料層23の表面をエッチング(例えば酸素プラズマエッチング)することにより、複数の円柱部23aを有するダイヤモンド状硬質材料23を得る。この際に形成すべき円柱23aのサイズとしては、例えば、該円柱の平均直径が1000オングストローム程度、円柱の高さが5 μ m程度であることが好ましい。

【0072】(3) 図14(c)を参照して、上記により形成された円柱部23aを有するダイヤモンド状硬質材料層23に対して、ゾルーゲル法等を用いて、圧電体(例えばZnO)25を堆積させることにより、上記円柱部23aの周囲を該圧電体24で埋める。必要に応じて、このようにして形成された複合体の表面を研磨してもよい。

【0073】(図8の複合体の形成方法) 図8の態様におけるように、粒状のダイヤモンド状硬質材料3が圧電体(例えばZnO)2中に均一に分散されて埋め込まれている複合体1を形成する際には、例えば、所望の平均粒子径を有するダイヤモンド状硬質材料粒3を、Znアルコキシドと混合し、これを原料としてゾルーゲル法を用いて、圧電体層2を適当な基材上に形成すればよい

(ゾルーゲル法については、例えば、Journal of Materials Science, 29 (1994) 4099~4100頁を参照することができる)。

【0074】(複合体の用途) 上述したような本発明の複合体基材は、その特性(圧電体サイズのバラツキに起因する圧電体特性のバラツキの抑制)を利用して、種々の用途に特に制限なく使用可能である。

【0075】本発明の複合体基材をSAW素子用基板として用いた場合には、圧電体部の「厚み」のバラツキの抑制に基づき、該素子におけるSAWの伝播速度のバラツキ、および/又は周波数のバラツキが効果的に抑制され、ダイヤモンドの特徴を活かしつつ良好な特性を有するSAW素子が容易に得られる。このような複合体基材は他の基材(下層)上に配置ないし形成することも可能であるが、該下層がSAWに与える影響を効果的に抑制する点からは、該SAW素子用基板たる複合体の厚みは、少なくとも該SAW素子で用いるべきSAWの波長以上であることが好ましく、SAW波長の2倍以上(特に5倍以上)であることが更に好ましい。

【0076】(SAW素子) 上記したように圧電体部と、ダイヤモンド状硬質材料部とからなる本発明の複合体基材に、更に、該圧電体部に接触するように櫛型電極を配置することにより、本発明のSAW素子が得られる。

【0077】本発明のSAW素子が、上記した図3または図6の態様の直方体構造を含む複合体基材と、該基材

を構成する圧電体部に接触するように配置された櫛型電極とからなる場合、該複合体基材を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の幅（複合体の基材厚さ方向と垂直方向の長さ）が、該素子で用いるべきSAWの波長より小さいことが好ましく、SAW波長の $1/2$ 以下（特に $1/10$ 以下）であることが更に好ましい。

【0078】本発明のSAW素子が、上記した図4または図7の態様の柱状構造を含む複合体基材と、該基材を構成する圧電体部に接触するように配置された櫛型電極とからなる場合、該柱状構造を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の直径が、該素子で用いるべきSAWの波長より小さいことが好ましく、SAW波長の $1/2$ 以下（特に $1/10$ 以下）であることが更に好ましい。

【0079】本発明のSAW素子が、上記した図5または図8の態様の3次元粒状構造を含む複合体基材と、該基材を構成する圧電体部に接触するように配置された櫛型電極とからなる場合、該粒状構造を構成するダイヤモンド状硬質材料部または圧電体部の直径が、該素子で用いるべきSAWの波長より小さいことが好ましく、SAW波長の $1/2$ 以下（特に $1/10$ 以下）であることが更に好ましい。

【0080】（櫛型電極）櫛型電極を構成する材料は、導電性材料である限り、特に制限されない。櫛型電極としての加工性およびコストの点からは、Al（アルミニウム）が特に好ましく使用可能である。

【0081】櫛型電極の厚さは、該電極としての機能を発揮する限り特に制限されないが、抵抗率に基づく損失ないし質量付加効果の点からは、 $100 \sim 3000$ オングストローム程度であることが好ましい。

【0082】櫛型電極の平面形状は、該電極としての機能を発揮する限り特に制限されないが、図15に模式平面図を示すような、いわゆるシングル電極、図16に模式平面図を示すようなダブル電極等が好適に使用可能である。

【0083】櫛型電極を配置する態様は、特に制限されないが、例えば、図17または図18の模式斜視図に示すような配置が可能である。

【0084】図17を参照して、この態様におけるSAW素子は、図3の態様の複合体を構成する層状の圧電体部2上に、櫛型電極15を配置してなる。すなわち、S1等の基材4と、該基材4上に配置された図3の態様の複合体（SAWの伝播方向Vと平行方向に層状に埋設された圧電体部2と、該圧電体部2を覆うように配置されたダイヤモンド状硬質材料部3とからなる）と、圧電体部2と直交するように該圧電体部2上に配置された櫛型電極15とからなる。

【0085】図18の態様のSAW素子は、圧電体部2がSAWの伝播方向Vと直交する方向に層状に埋設され、且つ、層状の圧電体部2と平行方向に櫛型電極15

が配置されている以外は、上記図17の態様と同様の構成を有している。

【0086】以下、実施例により本発明を更に具体的に説明する。

【0087】

【実施例】

実施例1

（図3の態様の複合体、および図17の態様のSAW素子の形成）図11～12に示した方法により、図3の態様の複合体を形成した。

【0088】（1）まず、図11（a）に示すように、単結晶Si基材（厚さ1mm）4上に、 $25 \mu\text{m}$ の厚みを有するダイヤモンドの膜7を、フィラメントCVD法により形成した。

【0089】すなわち、上記Si基板を熱フィラメントCVD装置にセットし、 10^{-6} Torr以下に排気した後、反応室内に CH_4 ガスおよび H_2 ガス（ $\text{CH}_4/\text{H}_2 = 1 \sim 8\%$ ）を導入した。反応室内の圧力を $100 \sim 200$ Torrとし、フィラメント温度を 2100°C に設定し、フィラメントー基板間距離を調整して、基材表面温度を 950°C に設定して、多結晶ダイヤモンド膜7（厚さ $25 \mu\text{m}$ ）を得た。

【0090】次いで、このダイヤモンド膜7の表面を研磨して、約 $20 \mu\text{m}$ の厚さとした。

【0091】（2）次に、図11（b）を参照して、上記ダイヤモンド膜7の上に、厚さ $1 \mu\text{m}$ のAl膜6をスパッタリングにより形成した。

【0092】（3）図11（c）を参照して、このように形成したAl膜6を、フォトリソグラフィ工程およびRIE工程を用いて、幅 $1 \mu\text{m}$ 、間隔 $1 \mu\text{m}$ の格子（ストライプ）状のAl表面パターン6aを形成した。この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0093】＜RIEの条件＞

BCl_3 （100%）

RFパワー：100w

圧力：0.04Torr

（4）図11（d）を参照して、このようにして得たAlパターン6aをマスクとして、RIE法によりダイヤモンド層7をエッチングして、該ダイヤモンド層7に、 $1.0 \mu\text{m}$ の深さの層状の溝7aを形成した後、Alパターンを除去した。

【0094】この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0095】＜RIEの条件＞

$\text{Ar}:\text{O}_2 = 90:10$

RFパワー：200w

圧力：0.01Torr

（5）図12（e）を参照して、このようにして得られた層状の溝7aを有するダイヤモンド層7に対して、圧電体5たるZnOをゾルゲル法により堆積させて、該

層状の溝7aを該圧電体5により埋めた。この際に用いたゾルーゲル法の条件は、以下の通りであった。

【0096】＜ゾルーゲル法の条件＞

原料：亜鉛n-プロポキシド $Zn(OPr^o)_2$ 、又は酢酸亜鉛2-ハイドレート $ZnAc$ （ドーパントたるアルミニウム・イソプロポキシドAlPr、インジウム・イソプロポキシドInPrは使用せず）

溶媒：PrOH（イソプロピルアルコール）

安定剤（stabilizer）：モノエタノールアミン $H_2NC H_2CH_2OH$ （MEA）、ジエタノールアミンHN（ CH_2CH_2OH ）₂（DEA）、又はトリエタノールアミンN（ CH_2CH_2OH ）₃（TEA）

コーティング方法：スピンコート法、又はディップコート法によりコーティングし、乾燥した後、400～700℃に昇温した。このコーティング→乾燥→昇温のサイクルを繰り返して、必要な厚みとした。

【0097】（6）図12（f）を参照して、このようにして得られた積層体の表面を、ダイヤモンド層7の表面と同じ高さになるまで軽く研磨することにより、上記ZnO（表面部分）を除去し、図19に示すサイズを有する複合体を得た。

【0098】上記により得られた複合体（図12

（f））の表面上に、Alを用いて下記パラメータを有する櫛型電極（膜厚500オングストローム）を形成して、図17の態様のSAW素子（SAWの伝播方向は、ダイヤモンド/ZnOの界面と平行の方向）を得た。

【0099】＜櫛型電極のパラメータ＞

電極：40対 タプル電極（図16）、正規型

電極幅：1μm（中心周波数：1GHz）

電極交差幅：50×波長（波長は電極幅の8倍）

入出力電極中心間距離：50×波長

上記で得た各SAW素子の入出力電極間のフィルター特性を利用して、伝播速度を評価した。すなわち、入力側電極に高周波を印加してSAWを励振させ、 $V=f\lambda$ （fは中心周波数； $\lambda=8d=8\mu m$ ）の関係から、励起されたSAWの伝搬速度V（m/s）を求めたところ、8000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0100】実施例2

（図20の態様の複合体、および該複合体を用いたSAW素子の形成）以下の方法により、図20の態様の複合体を形成した。

【0101】（1）まず、LiTaO₃単結晶基板（厚さ：350μm）の表面に、フォトリソグラフィ工程を用いて、幅1μm、間隔4μmの格子（ストライプ）状のレジストパターンを形成した。

【0102】（2）このようにして得たレジストパターンをマスクとして、RIE法によりLiTaO₃基板をエッチングして、該LiTaO₃基板に、10μmの深さの層状の溝を形成した。

【0103】この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0104】＜RIEの条件＞

CF₄：O₂=90：10

RFパワー：200w

圧力：0.02 Torr

（3）このようにして得られた層状の溝を有するLiTaO₃基板を、該基板の表面上に約12μmの厚みを有するダイヤモンドの膜が形成される程度に、7を、フィラメントCVD法に供し、該層状の溝を該ダイヤモンドで埋めた。

【0105】このダイヤモンド形成に際しては、上記LiTaO₃基板を熱フィラメントCVD装置にセットし、10⁻⁶Torr以下に排気した後、反応室内にCH₄ガスおよびH₂ガス（CH₄/H₂=1～8%）を導入した。反応室内の圧力を100～200Torrとし、フィラメント温度を2000℃に設定し、フィラメント-基板間距離を調整して、基材表面温度を700℃に設定して、多結晶ダイヤモンド膜を形成した。

【0106】（4）このようにして得られた積層体の表面を、軽く（厚さ2μm程度を）研磨することにより、上記ダイヤモンドの（表面部分）およびAlパターンを除去し、図20に示すサイズを有する複合体を得た。

【0107】上記により得られた複合体（図20）の表面上に、実施例1と同様の方法でAlを用いて実施例1と同様のパラメータを有する櫛型電極（膜厚500オングストローム）を形成し、SAW素子を得た。

【0108】上記で得たSAW素子について、実施例1と同様の方法により、励起されたSAWの伝搬速度V（m/s）を求めたところ、8000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0109】実施例3

（図7の態様の複合体、および該複合体を用いたSAW素子の形成）図7の態様の複合体を形成した。

【0110】（1）単結晶Si基材（厚さ1mm）上に、20μmの厚みを有するダイヤモンドの膜23を、フィラメントCVD法により形成した。

【0111】すなわち、上記Si基板を熱フィラメントCVD装置にセットし、10⁻⁶Torr以下に排気した後、反応室内にCH₄ガスおよびH₂ガス（CH₄/H₂=1～8%）を導入した。反応室内の圧力を100～200Torrとし、フィラメント温度を2100℃に設定し、フィラメント-基板間距離を調整して、基材表面温度を950℃に設定して、多結晶ダイヤモンド膜23を形成した。

【0112】次いで、このダイヤモンド膜23の表面を研磨して、約15μmの厚さとした。

【0113】（2）O₂プラズマエッチングによりダイヤモンド層をエッチングして、該ダイヤモンド層に、平均直径1000オングストローム、高さ5μmの複数の

円柱23aを有するダイヤモンド柱状構造(図12(b))を形成した。この際に用いた O_2 プラズマエッチングの条件は、以下の通りであった。

【0114】< O_2 プラズマエッチングの条件>

O_2 : 100%

パワー: 300w

圧力: 0.3 Torr

(3) このようにして形成したダイヤモンド柱状構造23aを有するダイヤモンド層23に対して、圧電体25たるZnOを実施例1と同様のゾルーゲル法により堆積させて、該ダイヤモンド柱状構造の隙間を該ZnOにより埋めた。

【0115】(4) このようにして得られた積層体の表面を、軽く研磨することにより、上記ZnO(表面部分)を除去し、図21に示すサイズを有する複合体を得た。

【0116】上記により得られた複合体(図21)の表面上に、実施例1と同様の方法でAlを用いて、(線幅=0.5 μ mとした以外は)実施例1と同様のパラメータを有する櫛型電極(膜厚500オングストローム)を形成し、SAW素子を得た。

【0117】上記で得たSAW素子について、実施例1と同様の方法により、励起されたSAWの伝搬速度V(m/s)を求めたところ、7000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0118】実施例4

(図22の態様の複合体、および該複合体を用いたSAW素子の形成)以下の方法により、図22の態様の複合体を形成した。

【0119】(1) まず、水晶単結晶基板(厚さ:300 μ m)の表面に、厚さ1 μ mのAl膜をスパッタリングにより形成した後、フォトリソグラフィ工程により、直径5 μ mの円状の穴が1 μ mの間隔で開いたレジストの表面パターンを形成した。

【0120】(2) このようにして得たレジストパターンをマスクとして、RIE法により上記水晶基板をエッチングして、該水晶基板に、10 μ mの深さの円柱状の穴を形成した。

【0121】この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0122】<RIEの条件>

CF_4 : O_2 = 90:10

RFパワー: 200w

圧力: 0.02 Torr

(3) このようにして得られた円柱状の穴を有する水晶基板を、該基板の表面上に約10 μ mの厚みを有するダイヤモンドの膜が形成される程度に、フィラメントCVD法に供し、円柱状の穴を該ダイヤモンドで埋めた。

【0123】このダイヤモンド形成に際しては、上記水晶基板を熱フィラメントCVD装置にセットし、10⁻⁶

Torr以下に排気した後、反応室内に CH_4 ガスおよび H_2 ガス($CH_4/H_2=1\sim8\%$)を導入した。反応室内の圧力を100~200Torrとし、フィラメント温度を2000℃に設定し、フィラメント-基板間距離を調整して、基材表面温度を700℃に設定して、多結晶ダイヤモンド膜を形成した。

【0124】(4) このようにして得られた積層体の表面を、軽く研磨することにより、上記ダイヤモンドの(表面部分)を除去し、図22に示すサイズを有する複合体を得た。

【0125】上記により得られた複合体(図22)の表面上に、実施例1と同様の方法でAlを用いて実施例1と同様のパラメータを有する櫛型電極(膜厚500オングストローム)を形成し、SAW素子を得た。

【0126】上記で得たSAW素子について、実施例1と同様の方法により、励起されたSAWの伝搬速度V(m/s)を求めたところ、7000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0127】実施例5

(図8の態様の複合体の形成)CVD法により形成した平均粒径2000オングストロームのダイヤモンド粒子と、ZnアルコキシドたるZn(OPrⁿ)₂溶液とをよく混合してゾル状態とした後、ゾルーゲル法により上記ZnアルコキシドをZnO化して、図8の態様(図23に示すサイズ)の複合体を形成した。

【0128】このゾルーゲル法による上記ZnOの形成は、具体的には以下のようにして行った。

【0129】<ゾルーゲル法によるZnOの形成>

原料:亜鉛n-プロポキシド Zn(OPrⁿ)₂、又は酢酸亜鉛2-ハイドレート ZnAc(ドープアントたるアルミニウム・イソプロポキシドAlPr、インジウム・イソプロポキシドInPrは使用せず)

溶媒: PrOH(イソプロピルアルコール)

安定剤(stabilizer):モノエタノールアミンH₂NC H₂CH₂OH (ME)、ジエタノールアミンHN(CH₂CH₂OH)₂ (DEA)、又はトリエタノールアミンN(CH₂CH₂OH)₃ (TEA)

コーティング方法:スピンコート法、又はディップコート法によりコーティングし、乾燥した後、400~700℃に昇温した。このコーティング→乾燥→昇温のサイクルを繰り返して、必要な厚みとした。

【0130】上記により得られた複合体(図23)の表面上に、実施例1と同様の方法でAlを用いて実施例1と同様のパラメータを有する櫛型電極(膜厚500オングストローム)を形成し、SAW素子を得た。

【0131】上記で得たSAW素子について、実施例1と同様の方法により、励起されたSAWの伝搬速度V(m/s)を求めたところ、7000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0132】実施例6

(図4の態様の複合体、および該複合体を用いたSAW素子の形成) 図13に示した方法により、図4の態様の複合体を形成した。

【0133】(1) まず、図13(a)に示すように、単結晶Si基材(厚さ1mm)20上に、25 μ mの厚みを有するダイヤモンドの膜21を、フィラメントCVD法により形成した。

【0134】すなわち、上記Si基板を熱フィラメントCVD装置にセットし、10⁻⁶Torr以下に排気した後、反応室内にCH₄ガスおよびH₂ガス(CH₄/H₂=1~8%)を導入した。反応室内の圧力を100~200Torrとし、フィラメント温度を2100℃に設定し、フィラメント-基板間距離を調整して、基材表面温度を950℃に設定して、多結晶ダイヤモンド膜21(厚さ25 μ m)を得た。

【0135】次いで、このダイヤモンド膜21の表面を研磨して、約20 μ mの厚さとした。

【0136】(2) 次に、上記ダイヤモンド膜21の上に、厚さ1 μ mのAl膜(図示せず)をスパッタリングにより形成した。

【0137】(3) このように形成したAl膜を、フォトリソグラフィ工程およびRIE工程を用いて、直径1 μ m、間隔1 μ mの複数の円形状を有するAl表面パターン(図示せず)を形成した。この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0138】<RIEの条件>

BCl₃: (100%)

RFパワー: 100w

圧力: 0.04Torr

(4) 図13(b)を参照して、このようにして得たAlパターンをマスクとして、RIE法によりダイヤモンド層21をエッチングして、該ダイヤモンド層21に、10 μ mの深さの円筒状の穴21aを形成した後、Alパターンを除去した。

【0139】この際に用いたRIEの条件は、以下の通りであった。

【0140】<RIEの条件>

Ar:O₂=90:10

RFパワー: 200w

圧力: 0.01Torr

(5) このようにして得られた円筒状の穴21aを有するダイヤモンド層21に対して、圧電体22たるZnOをゾルーゲル法により堆積させて、該円筒状の穴21aを該圧電体22により埋めた。この際に用いたゾルーゲル法の条件は、以下の通りであった。

【0141】<ゾルーゲル法の条件>

原料: 亜鉛n-プロポキシド Zn(OPrⁿ)₂、又は酢酸亜鉛2-ハイドレート ZnAc(ドーパントたるアルミニウム・イソプロポキシドAlPr、インジウム・イソプロポキシドInPrは使用せず)

溶媒: PrOH(イソプロピルアルコール)

安定剤(stabilizer): モノエタノールアミンH₂NC H₂CH₂OH(MEA)、ジエタノールアミンHN(CH₂CH₂OH)₂(DEA)、又はトリエタノールアミンN(CH₂CH₂OH)₃(TEA)

コーティング方法: スピンコート法、又はディップコート法によりコーティングし、乾燥した後、400~700℃に昇温した。このコーティング→乾燥→昇温のサイクルを繰り返して、必要な厚みとした。

【0142】(6) このようにして得られた積層体の表面を、ダイヤモンド層21の表面と同じ高さになるまで軽く研磨することにより、上記ZnO(表面部分)を除去し、図13(c)に示す複合体を得た。

【0143】上記により得られた複合体(図13

(c))の表面上に、Alを用いて下記パラメータを有する櫛型電極(膜厚500オングストローム)を形成して、SAW素子(SAWの伝播方向は、ダイヤモンド/ZnOの界面と平行の方向)を得た。

【0144】<櫛型電極のパラメータ>

電極: 40対 タプル電極(図16)、正規型

電極幅: 1 μ m(中心周波数: 1GHz)

電極交差幅: 50×波長(波長は電極幅の8倍)

入出力電極中心間距離: 50×波長

上記で得た各SAW素子について、実施例1と同様の方法により、励起されたSAWの伝搬速度V(m/s)を求めたところ、8000m/sと高速のSAW伝播速度が得られた。

【0145】

【発明の効果】 上述したように本発明によれば、ダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部とを含み、且つ、該ダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方を立体形状とした複合体基材が提供される。

【0146】更に、本発明によれば、上記した複合体基材と、該基材を構成する圧電体部に接触するように配置された櫛型電極とからなる表面弾性波素子が提供される。

【0147】本発明においては、上記複合基材を構成するダイヤモンド状硬質材料部と圧電体部との少なくとも一方は立体形状を有しているため、該圧電体部のダイヤモンド状硬質材料部からの剥離が効果的に抑制され、しかも該立体形状を有する部分のサイズのコントロールないし均一化が容易となる。

【0148】また、上記した本発明の複合体基材を用いてSAW素子を構成した場合には、圧電体部の「厚み」のバラツキの抑制に基づき、該素子におけるSAWの伝播速度のバラツキ、および/又は周波数のバラツキが効果的に抑制され、ダイヤモンドの特徴を活かしつつ良好な特性を有するSAW素子が容易に得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の立体形状部分における長軸径、厚み等

の定義を説明するための模式斜視図である。

【図 2】アモルファスカarbon（ダイヤモンド状炭素膜）（a）、グラファイト（b）、およびダイヤモンド（c）のラマンスペクトルの典型的な例を模式的に示すグラフである。

【図 3】ダイヤモンド状硬質材料中に、直方体形状を有する複数の圧電体部が垂直に埋設されてなる本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 4】ダイヤモンド状硬質材料中に、円柱形状を有する複数の圧電体部が水平方向に並立して埋設されてなる本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 5】ダイヤモンド状硬質材料中に、粒子形状を有する複数の圧電体部が 3 次元的に分布する本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 6】圧電体中に、直方体形状を有する複数のダイヤモンド状硬質材料部が垂直方向に埋設されてなる本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 7】圧電体中に、円柱形状を有する複数のダイヤモンド状硬質材料部が水平方向に並立して埋設されてなる本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 8】圧電体中に、粒子形状を有する複数のダイヤモンド状硬質材料部が 3 次元的に分布する本発明の複合基材の一態様を示す模式斜視図である。

【図 9】図 6 の態様の複合基材の製造工程の一態様を説明するための模式斜視図である。

【図 10】図 6 の態様の複合基材の製造工程（図 9 の続き）の一態様を説明するための模式斜視図である。

【図 11】図 3 の態様の複合基材の製造工程の一態様を説明するための模式斜視図である。

【図 12】図 3 の態様の複合基材の製造工程（図 11 の続き）の一態様を説明するための模式斜視図である。

【図 13】図 4 の態様の複合基材の製造工程の一態様を

説明するための模式斜視図である。

【図 14】図 7 の態様の複合基材の製造工程の一態様を説明するための模式斜視図である。

【図 15】SAW素子を構成する櫛型電極の平面形状の一例（シングル電極）を示す模式平面図である。

【図 16】SAW素子を構成する櫛型電極の平面形状の一例（ダブル電極）を示す模式平面図である。

【図 17】本発明の SAW素子の一態様を示す模式斜視図である。

【図 18】本発明の SAW素子の他の態様を示す模式斜視図である。

【図 19】実施例 1 で製造した本発明の複合基材の構成、サイズ等を示す模式断面図である。

【図 20】実施例 2 で製造した本発明の複合基材の構成、サイズ等を示す模式断面図である。

【図 21】実施例 3 で製造した本発明の複合基材の構成、サイズ等を示す模式断面図である。

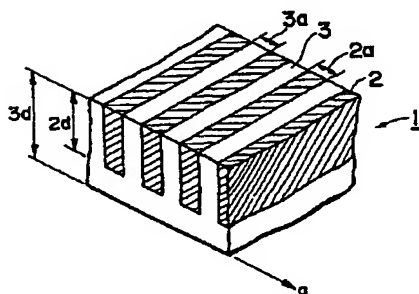
【図 22】実施例 4 で製造した本発明の複合基材の構成、サイズ等を示す模式断面図である。

【図 23】実施例 5 で製造した本発明の複合基材の構成、サイズ等を示す模式断面図である。

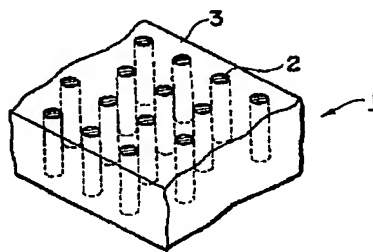
【符号の説明】

1…複合基材、2…圧電体、3、23…ダイヤモンド状硬質材料、4、20…他の基材、5、25…圧電体層、5a…直方体状の溝、6…アルミニウム膜、7、21…ダイヤモンド状硬質材料層、7a…ダイヤモンド状硬質材料部、10…立体、10a…立体の投影像、12…立体を置いた平面、13…「平面10」に平行で立体に接する平面、15…櫛型電極、21a…円柱状の穴、22…圧電体部、23a…ダイヤモンド状硬質材料の柱状構造、24…金属膜。

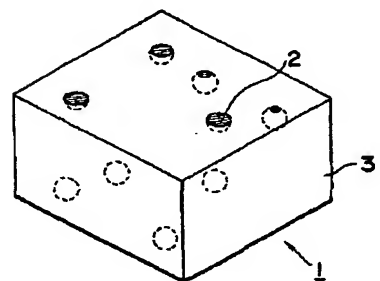
【図 3】



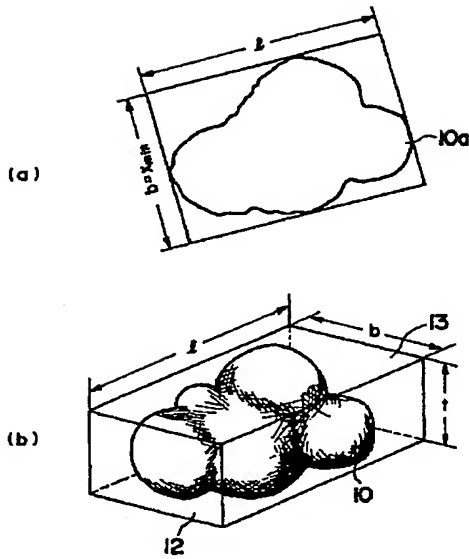
【図 4】



【図 5】

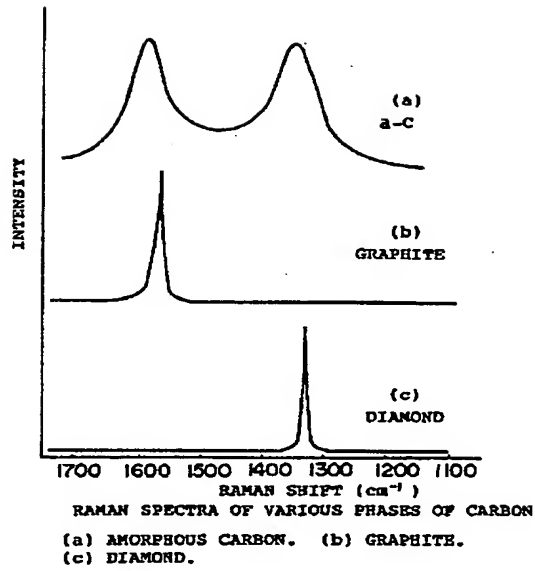


【図 1】

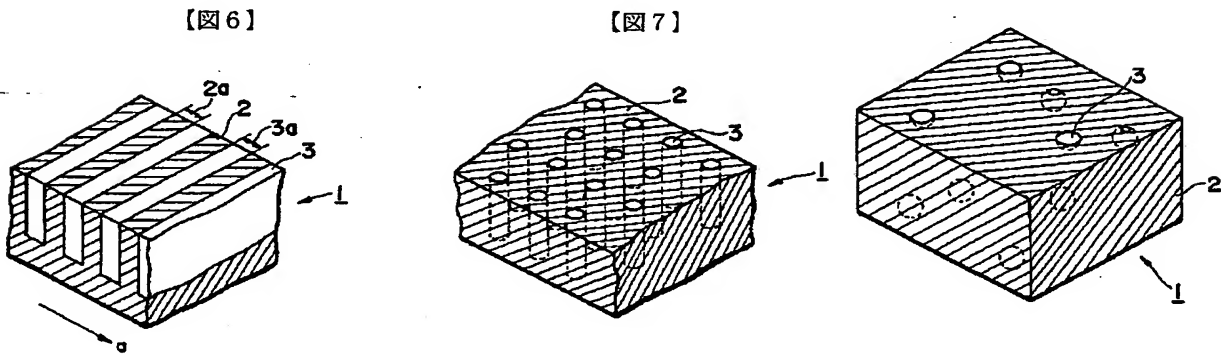


短軸径、長軸径、厚みの定義

【図 2】



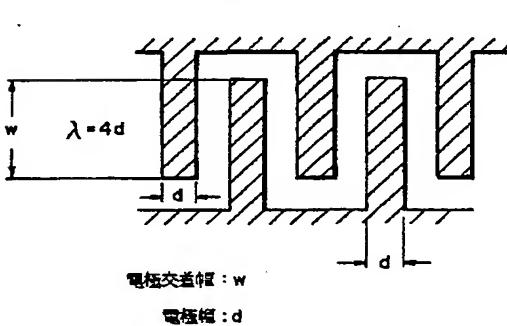
【図 8】



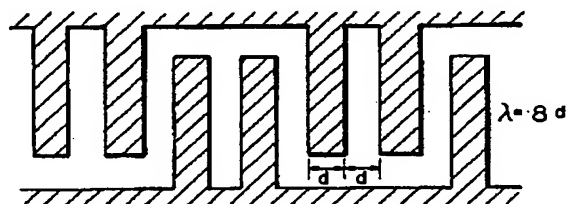
【図 6】

【図 7】

【図 15】

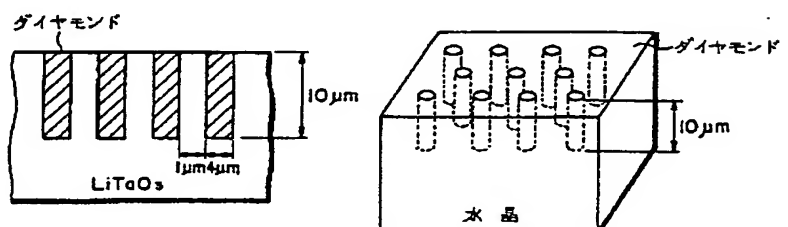


【図 16】

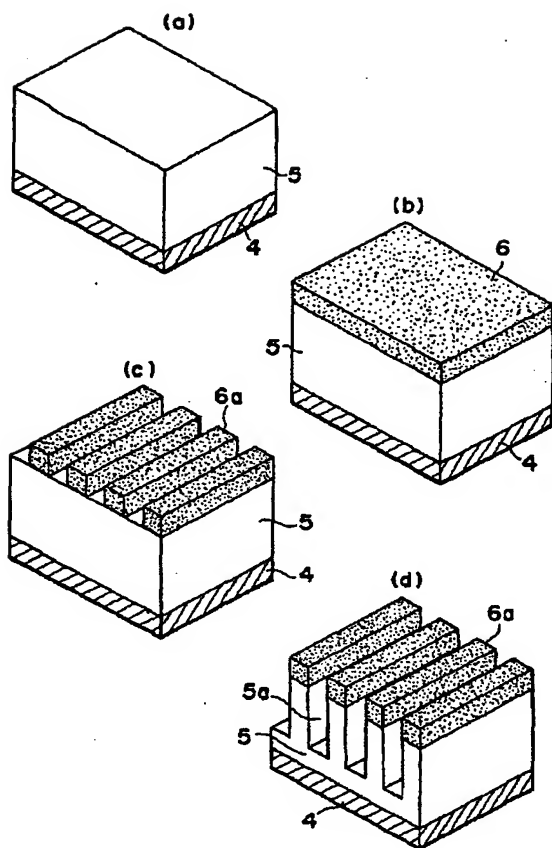


【図 20】

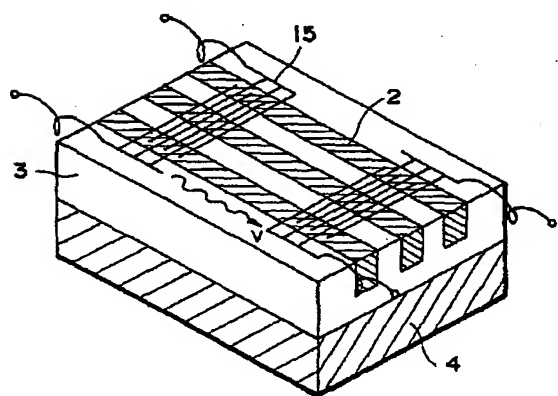
【図 22】



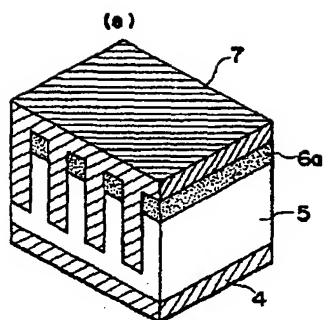
【図 9】



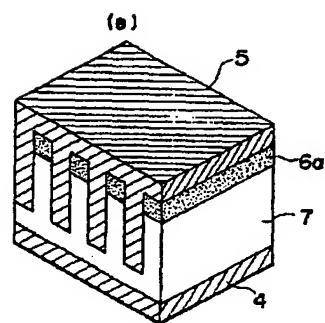
【図 17】



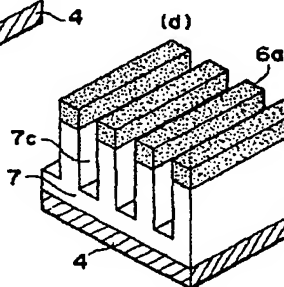
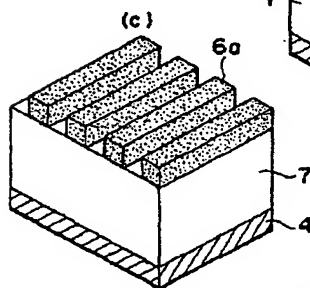
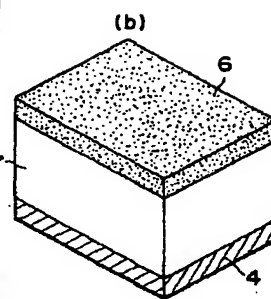
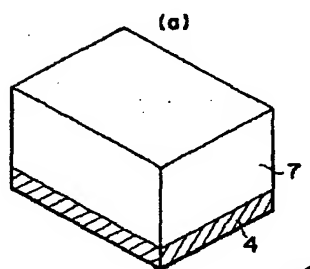
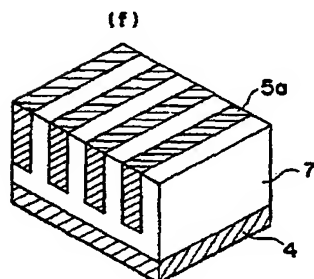
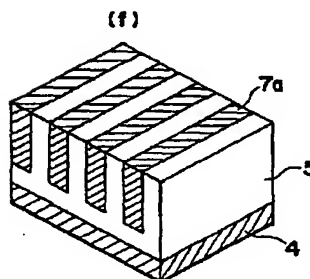
【図 10】



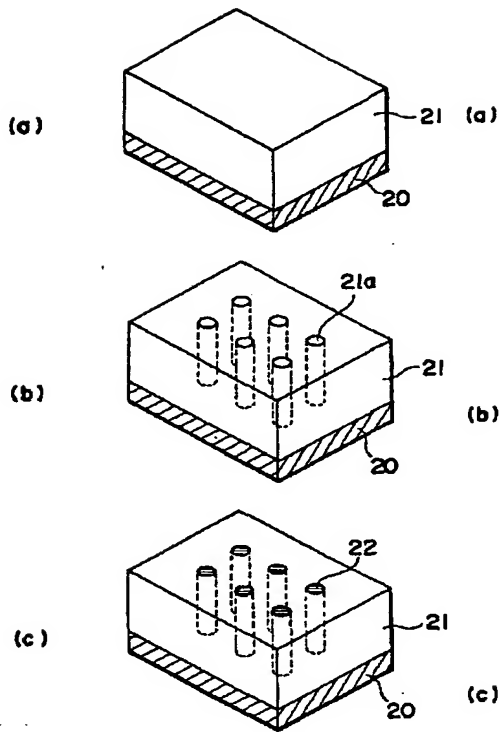
【図 12】



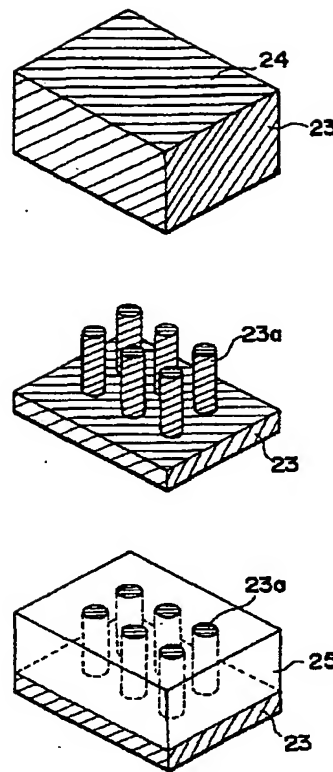
【図 11】



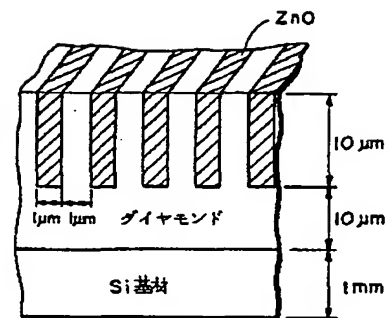
【図13】



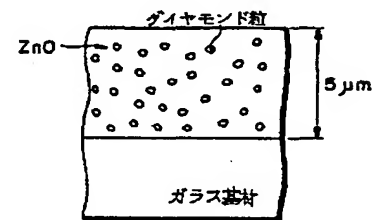
【図14】



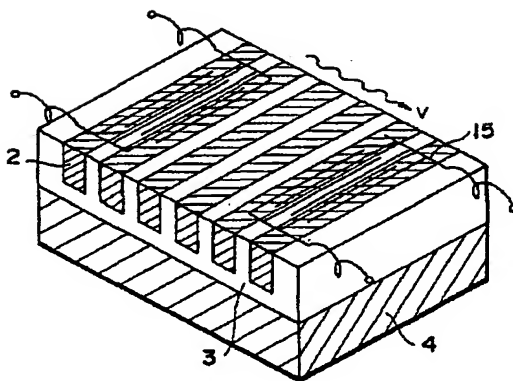
【図19】



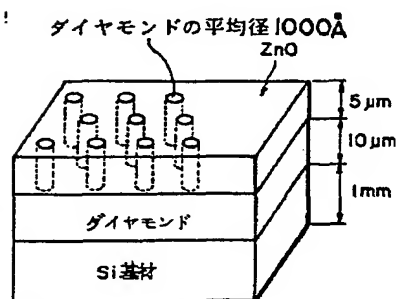
【図23】



【図18】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 北林 弘之
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 鹿田 真一
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

